

**ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ, ОТЩЕПЛЯЕМЫХ ОТ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ  
ИОНОВ  $I^-$ ,  $Br^-$  И  $Cl^-$  ПРИ СТОЛКНОВЕНИЯХ С АТОМАМИ  
ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ**

*В.Ф.Будин*

Энергетические спектры электронов, отщепляемых от отрицательных ионов при столкновениях с атомами газа до настоящего времени экспериментально не изучались. В настоящей работе были изучены энергетиче-

ческие спектры электронов, появляющихся при разрушении отрицательных ионов  $I^-$  (с энергиями от 500 до 2000 эв), Br (400 – 1500 эв), Cl (500 – 2700 эв) при столкновениях с атомами He, Ne, Ar, Kr.

При помощи электростатического анализатора, на выходе которого стоял детектор электронов, работавший в режиме счета отдельных частиц, анализировались по энергиям электроны, вылетевшие под углами  $90^\circ \pm 10^\circ$  по отношению к направлению пучка отрицательных ионов. На рис.1 приведена кривая, полученная для распределения электронов по

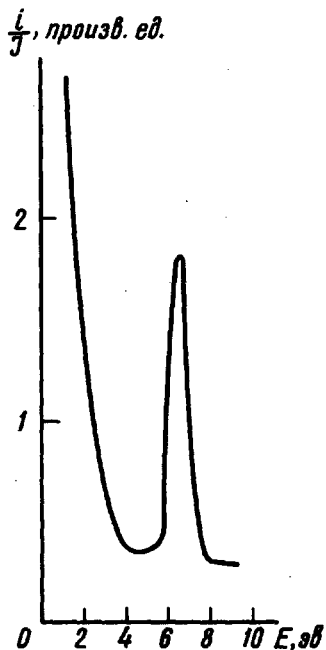


Рис.1. Энергетический спектр электронов, появляющихся при отрыве электрона от отрицательных ионов  $I^-$  при столкновениях с атомами He. Энергия ионов  $T = 1000$  эв,  $E$  — энергия электронов,  $i$  — ток на детектор электронов,  $I_1$  — ток отрицательных ионов

энергиям для пары  $I^-$ , Ne. Кроме группы медленных электронов с энергиями до 2-3 эв на кривой виден отчетливый пик, соответствующий электронам с энергиями 6-7 эв. Второй пик появлялся при энергии ионов  $I^-$  около 600 эв, причем его высота возрастала при увеличении энергии отрицательных ионов  $I^-$  (см. рис.2). Этот пик наблюдался также при столкновениях ионов  $I^-$  с энергией 1000 эв с атомами Ar и Kr. Для пары  $I^-$ , Ne при имевшейся чувствительности измерительной схемы и уровне шумов не наблюдалось пика электронов с энергиями 6-7 эв. Следует отметить, что при измерении эффективных сечений для процесса отрыва электрона от отрицательных ионов  $I^-$  при столкновениях с атомами He, Ne, Ar, Kr, Xe для пары  $I^-$ , Ne величина сечения и форма кривой его зависимости от энергии ионов выпадали из наблюдавшейся для других пар закономерности [1].

В камере столкновений вместо электростатического анализатора можно было расположить систему электродов по Лозье [2], позволявшую снимать распределение энергий электронов, вылетевших под углом  $90^\circ \pm 10^\circ$  по отношению к пучку отрицательных ионов, пользуясь методом задерживающего потенциала. Этим методом были получены кривые задержки электронов, отщепленных от отрицательных ионов при столк-

новении с атомами газа, для пар  $I^-$  с He, Ne, Ar, Kr, Xe,  $Br^-$  с He и Ar,  $Cl^-$  и  $Na^-$  с He.

На рис.3 приведены кривые задержки для пары  $I^-$ , He. При энергиях ионов  $I^-$  1000 и 2000 эв наблюдалась область довольно крутого спада кривой задержки до  $V \sim 2-3$  в, в области от 3 до 6 в кривая задержки была практически параллельна оси абсцисс. В области  $\sim$  от 6 до 7 в снова наблюдался крутой спад. Такой ход кривой задержки подтверждает независимым образом существование двух групп электронов. Аналогичные кривые были получены для пар  $I^-$ , Ar и  $I^-$ , Kr при энергиях ионов от 500 до 1000 эв. Для пар  $I^-$  в Ne;  $Br^-$  в He, Ne и Ar;  $Cl^-$  в He и  $Na^-$  в He отчетливо наблюдалась только группа электронов с "малыми" энергиями.

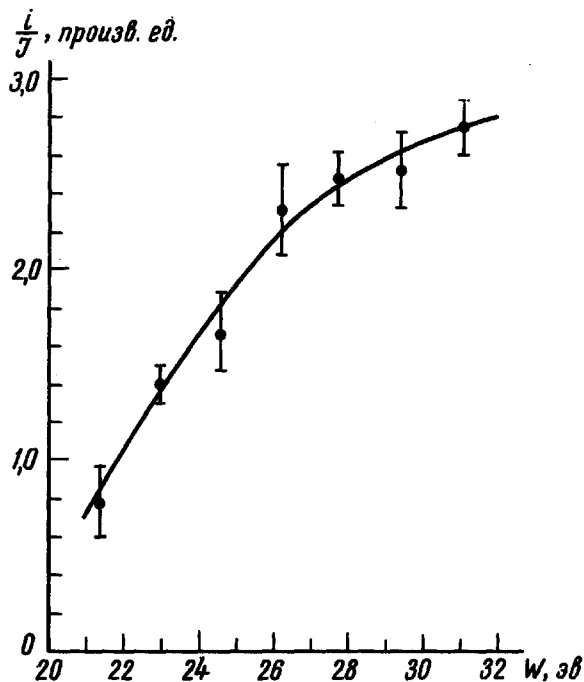


Рис.2. "Функция возбуждения" группы электронов с энергиями 6-7 эв;  $W$  — кинетическая энергия относительного движения  $I^-$  и He

Вопрос об энергиях электронов, появляющихся в процессе столкновения отрицательного иона с атомом газа был рассмотрен Демковым [3]. Согласно теории Демкова  $W_E$  — количество электронов с энергиями, большими  $E$ , определяется формулами:  $W_E = W_0 \exp(-2/3 \gamma E^{3/2})$ , где

$$\gamma \sim \frac{2^{3/2}}{h} V^{-1} \left( \frac{d^2 I}{dR^2} \right)_0^{-1/2},$$

где  $W_0$  — полное количество отщепленных электронов,  $h$  — постоянная Планка,  $V$  — скорость относительного движения ядер сталкивающихся

частиц на бесконечности,  $R$  – расстояние между ядрами,  $I$  – энергия связи "избыточного" электрона при данном межъядерном расстоянии. Исходя из этих формул, можно на основании экспериментальной кривой

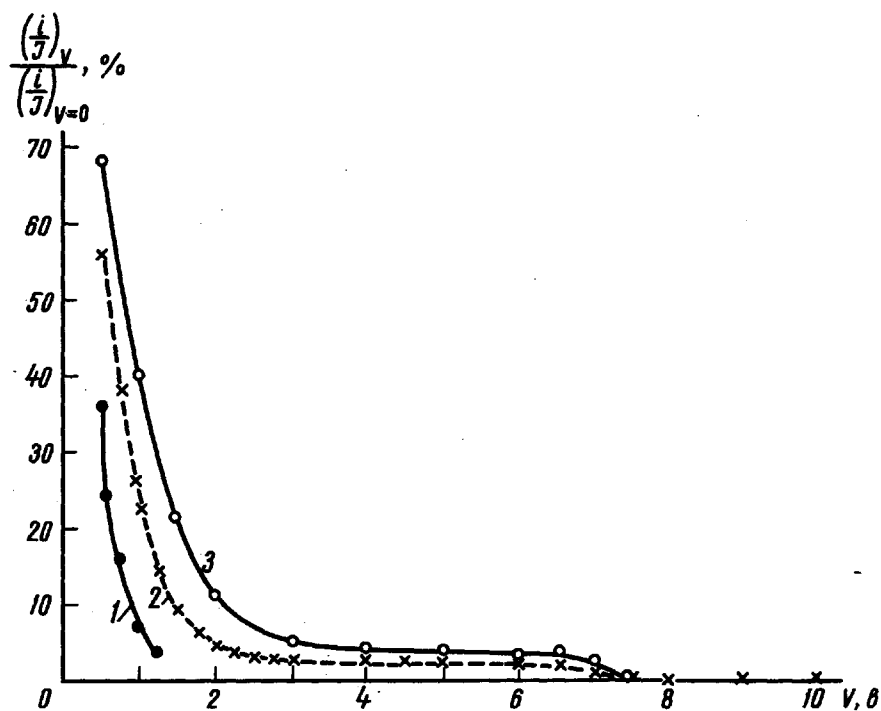


Рис.3. Кривая задержки электронов для пары  $I^-$ , He.  $V$  – напряжение задержки. 1 –  $T = 400$  эв; 2 –  $T = 1000$  эв; 3 –  $T = 2000$  эв

задержки произвести оценку величины  $(d^2I/dR^2)_0$ . Такая оценка в случае пары  $Bg^-$ , не дала для  $(d^2I/dR^2)_0$  следующие значения (в атомных единицах): 0,20 при  $T = 1500$  эв, 0,24 при  $T = 1000$  эв, 0,29 при  $T = 500$  эв. Образование электронов с энергиями до  $\sim 2-3$  эв можно, по-видимому, отнести за счет процесса квантового перехода "избыточного" электрона непрерывный спектр, рассматриваемого в теории Демкова. Появление электронов с энергиями 6–7 эв при отрыве электрона от ионов  $I^-$  при столкновениях с атомами He, Ar, Kr, по-видимому, можно объяснить, предполагая существование высоковозбужденного состояния иона  $I^-$ , которое лежит в области сплошного спектра. Время жизни этого состояния, как предполагается, больше, чем "время столкновения". Энергия, освобождающаяся при отрыве электрона от находящегося в этом состоянии отрицательного иона  $I^-$  (энергия его возбуждения за вычетом энергии электронного сродства атома I) может быть унесена вылетевшим электроном.

В заключение выражаю глубокую благодарность проф. В.М.Дукельскому за неизменное внимание к работе. Искренне признателен В.И.Огурцову и Г.М.Михайлову за помощь в работе, проф. О.Б.Фирсову, Ю.Н.Демкову, Б.М.Смирнову и И.В.Комарову за полезные обсуждения.

Физико-технический институт  
им. А.Ф.Иоффе  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
23 июля 1967 г.

### Литература

- [1] Ю.Ф.Быдин, В.М.Дукельский. ЖЭТФ, 31, 569, 1956.
- [2] W.Lozier. Phys. Rev., 36, 128, 1930.
- [3] Ю.Н.Демков. ЖЭТФ, 46, 1127, 1964.